



TITLE:

鋼橋に生じる疲労き裂の簡易な補強・補修工法に関する研究(  
Abstract\_要旨)

AUTHOR(S):

松本, 理佐

---

CITATION:

松本, 理佐. 鋼橋に生じる疲労き裂の簡易な補強・補修工法に関する研究. 京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-09-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19289>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	松本理佐
論文題目	鋼橋に生じる疲労き裂の簡易な補強・補修工法に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、鋼構造物に発生する疲労き裂の簡易な予防保全対策として期待されるピーニング処理工法，簡易な事後保全対策として期待される ICR 処理工法と当て板接着工法に着目し，これらの工法の確立・普及に向けて，補修・補強効果の定量的な評価手法や適用範囲について研究した成果について取りまとめたものである．本論文は全 7 章で構成されている．</p> <p>第 1 章では，鋼橋に発生する疲労き裂の実例をまとめており，それらの主な補修対策についても述べている．また，疲労き裂の予防保全対策工法と事後保全対策工法について取りまとめ，それらの問題点を列挙している．さらに，我が国では少子高齢化が進んでおり，簡易で安価な疲労き裂の予防保全対策や事後保全対策が求められていることを述べている．以上を踏まえて，簡易な予防保全対策であるピーニング処理工法，簡易な事後保全対策である ICR 処理工法と当て板接着工法に着目し，これらの補強・補修効果の定量的な評価手法や適用範囲を明確にすることを本研究の目的としてあげている．</p> <p>第 2 章では，溶接部から発生する疲労き裂の予防保全対策として，溶接止端の近傍を打撃し，止端近傍を塑性変形させることで，溶接止端に圧縮残留応力を導入し，溶接止端の疲労強度を向上させるピーニング処理工法という技術に着目している．</p> <p>はじめに，ピーニング処理工法で導入される圧縮残留応力を有限要素解析によって簡易に推定する方法を提案している．さらに，溶接止端から離れた位置に施工する新たなピーニング処理工法を開発し，その適用範囲を明らかにしている．また，ピーニング処理工法による疲労強度向上効果の定量的な評価手法を与えている．</p> <p>第 3 章では，疲労き裂の事後保全対策として，疲労き裂のすぐ横の母材をエアツールで打撃し，鋼板を塑性変形させることで，疲労き裂の表面を閉じて，き裂の進展を抑制する工法である ICR 処理工法による疲労き裂の補修技術に着目している．</p> <p>はじめに，ICR 処理による補修効果は，き裂の開閉口挙動に影響を受けることを FEM 解析によって明示している．引張荷重を受ける場合と圧縮荷重を受ける場合のき裂の開閉口挙動を，静的載荷試験によって観察し，それぞれの荷重が作用した場合のき裂の開閉口挙動のメカニズムを解明している．</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	松本理佐
<p>第4章では、疲労き裂の応急的な事後保全対策として、き裂の先端をストップホールで除去し、ストップホール間のき裂を ICR 処理によって閉口させる方法を考案している。</p> <p>静的载荷試験と FEM 解析によって、引張荷重を受ける場合も圧縮荷重を受ける場合も、き裂を閉口することで、ストップホール縁の応力集中が低減することを明らかにしている。また、引張疲労試験と板曲げ疲労試験によって、き裂を閉じることで、ストップホールの疲労強度が向上することを確認し、提案工法による疲労強度向上効果の定量的な評価手法を与えている。さらに、ICR 処理工法で閉口したき裂は、過大荷重の作用によって開口し、疲労強度向上効果が失われる場合があるとし、過大荷重の作用による疲労強度向上効果の損失を、弾塑性有限変位解析によって安全側に評価できることを示している。</p> <p>第5章では、当て板接着による簡易なき裂の補修工法に着目している。</p> <p>これまで、当て板接着工法の補強効果については、限られた寸法や物性値にのみ適用できる推定式が提案されている。このためここでは、当て板の接着位置や物性値、寸法、当て板のはく離を考慮した、様々な条件下で適用できる軸応力を受ける場合の補修効果の理論式を与えている。また、引張疲労試験によって補修効果を確認し、提案した理論式を用いて、き裂進展解析を行い、理論式が実験値を安全側に評価することを明らかにしている。さらに、板曲げ疲労試験を行い、当て板を接着することで、応力比に関わらず、疲労寿命が5倍以上向上することを明らかにしている。</p> <p>第6章では、鋼床版の垂直補剛材上端に発生する疲労き裂に対して、簡易な補修法の補修効果を比較している。比較する補修法は、施工が容易に行える、グラインダー処理によるき裂の切削除去工法、ICR 処理工法、ストップホール法としている。疲労試験の結果、グラインダー処理によるき裂の切削除去工法では、応力範囲が小さい場合は補修効果が大きく、ICR 処理工法では応力範囲が 100MPa 以上でも補修効果が大きいことを示している。ストップホールでは、補修効果が小さいことを示している。さらに、有限要素解析を行い、各種補修法の補修効果を定性的に説明している。また、ICR 処理工法の補修効果を明らかにするために、実物大の鋼床版を模擬した疲労試験を行っている。その結果、枝分かれしていない非貫通き裂に対しては ICR 処理工法の効果が大きく、貫通き裂に対しても両面から ICR 処理を施工すると、その効果が大きいことを明らかにしている。</p> <p>第7章では、各章で得られた知見を要約している。</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、鋼構造物に発生する疲労き裂の簡易な予防保全対策として期待されるピーニング処理工法、簡易な事後保全対策として期待される ICR 処理工法と当て板接着工法に着目し、これらの工法の普及・確立に向けて、補修・補強効果の定量的な評価手法や適用範囲について研究した成果について取りまとめたものである。得られた主な成果は次のとおりである。

1. ピーニング処理工法で導入される圧縮残留応力を有限要素解析によって簡易に推定する方法を提案した。提案した有限要素解析の結果をもとに、溶接止端から離れた位置に施工する新たなピーニング処理工法を開発し、その適用範囲を明らかにした。また、ピーニング処理工法による疲労強度向上効果の定量的な評価手法を与えた。
2. ICR 処理による補修効果は、き裂の開閉口挙動に影響を受けることを有限要素解析によって明示し、引張荷重を受ける場合と圧縮荷重を受ける場合のき裂の開閉口挙動を、静的載荷試験によって観察した。観察した結果をもとに、それぞれの荷重が作用した場合のき裂の開閉口挙動のメカニズムを解明した。
3. 鋼橋に生じた疲労き裂の新たな応急処置法として、き裂の先端をストップホールで除去し、ストップホール間のき裂を ICR 処理によって閉口させる方法を考案した。引張疲労試験と板曲げ疲労試験を実施し、き裂を閉じることで、ストップホールの疲労強度が向上することを確認した。さらに、提案工法による疲労強度向上効果の定量的な評価手法を与えた。
4. 当て板接着工法については、当て板の接着位置や物性値、寸法、当て板のはく離を考慮した、様々な条件下で適用できる軸応力を受ける場合の補修効果の理論式を与えた。また、引張疲労試験によって補修効果を確認し、提案した理論式を用いて、き裂進展解析を行い、理論式が実験値を安全側に評価することを明らかにした。さらに、板曲げ疲労試験を行い、当て板を接着することで、疲労寿命が5倍以上向上することを明らかにした。
5. 鋼床版の垂直補剛材上端に発生する疲労き裂に対して、グラインダー処理によるき裂の切削除去工法、ICR 処理工法、ストップホール法の補修効果を、疲労試験によって比較・検討した。疲労試験の結果、グラインダー処理によるき裂の切削除去工法では、応力範囲が小さい場合は補修効果が大きく、ICR 処理工法では応力範囲が 100MPa 以上でも補修効果が大きいことを示した。ストップホールでは、補修効果が小さいことを示した。さらに、有限要素解析を行い、各種補修法の補修効果を定性的に説明した。

以上、本論文は、鋼構造物に生じる疲労き裂の簡易な予防保全対策と事後保全対策の開発に取り組んだ研究であり、学術上、実務上寄与するところが多い。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 27 年 8 月 25 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。